

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

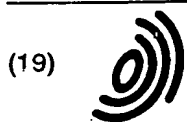
**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (Intentional)**



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 741 994 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

13.11.1996 Patentblatt 1996/46

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: A61B 5/06, A61B 6/14

(21) Anmeldenummer: 95890092.0

(22) Anmeldetag: 11.05.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE

(72) Erfinder: TRUPPE, Michael, Dr.

1110 Wien (AT)

(71) Anmelder: TRUPPE, Michael, Dr.

1110 Wien (AT)

(74) Vertreter: Babeluk, Michael, Dipl.-Ing. Mag.,

Patentanwälte Babeluk - Krause

Mariahilfer Gürtel 39/17

1150 Wien (AT)

### (54) Verfahren zur Darstellung des Kiefers

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung des Kiefers (1, 2) einer Person und eines Modells davon. Das Verfahren besteht aus folgenden vorbereitenden Schritten:

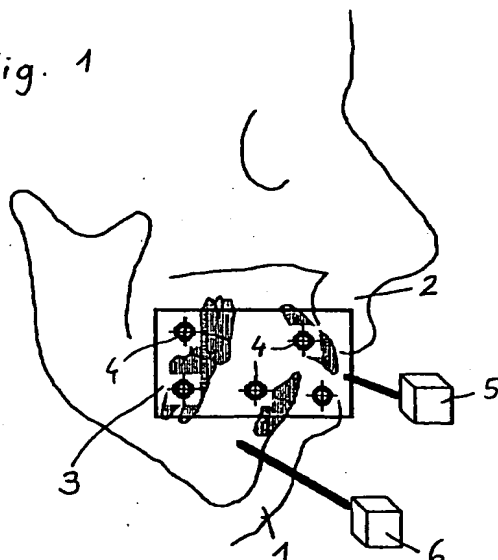
- Einführen einer Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, die Markierungspunkte (4) aufweist, in die Mundhöhle der Person;
- Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers (1, 2) der Person mit einem bildgebenden Verfahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungen mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz;
- Identifikation der Markierungspunkte (4);  
Herstellen eines Abdruckes des Kiefers (1, 2) und Erzeugen eines Modells des Kiefers (1, 2).

Zur Darstellung werden folgende Schritte durchgeführt:

- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors auf der Außenseite des betreffenden Kiefers (1, 2);
- Neuerliches Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, falls diese inzwischen entnommen worden ist, in die Mundhöhle in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor ausgestattet ist;
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor der Vorrichtung (3) und dem 3D-Sensor auf der Außenseite des Kiefers (1, 2);
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors auf der Außenseite des Modells des Kiefers (1, 2);
- Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung in das Modell des Kiefers (1, 2) in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor ausgestattet ist;

- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor der Vorrichtung (3) und dem 3D-Sensor auf der Außenseite des Modells des Kiefers (1, 2);
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung oder alternativ dazu Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Modells des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung. Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung.

Fig. 1



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung des Kiefers einer Person und/oder eines Modells davon.

Bei der Herstellung von zahnärztlichen Implantaten ist eine genaue Planung des operativen Eingriffes erforderlich. Dazu stehen verschiedene Maßnahmen zur Verfügung. In der Regel wird ein Abdruck des betreffenden Kiefers des Patienten hergestellt, woraus wiederum ein Modell des Kiefers gewonnen werden kann. Andererseits sind verschiedene bildgebende Verfahren dazu geeignet, dem behandelnden Arzt Aufschluß über die jeweilige Situation zu verschaffen. Es kann sich dabei um gewöhnliche Röntgenbilder handeln, um Tomographien oder um NMR's (Kernspintomographie). Unbefriedigend dabei bleibt jedoch, daß das Modell einerseits und die Darstellung aus dem bildgebenden Verfahren andererseits erst durch den Betrachter in Übereinstimmung gebracht werden müssen. Noch schwieriger ist die Aufgabe, die reale Situation bei der Operation selbst mit dem Modell bzw. mit der zuvor erstellten Darstellung in Übereinstimmung bringen zu müssen.

Aus der EPA 488 987 des Anmelders ist ein Verfahren zur Darstellung beweglicher Körper bekannt, bei dem eine optische Darstellung des Körpers und ein dem Körper zugeordnetes Datenfeld gleichzeitig oder alternativ aus derselben Perspektive und im selben Maßstab in Echtzeit dargestellt werden. Ein solches Verfahren ist grundsätzlich dazu geeignet, die oben beschriebene Problematik zu lösen. Es wird etwa auf einem Monitor ein optisches Bild des betreffenden Kiefers angezeigt und gleichzeitig wird der zugehörige Datensatz, das ist das Ergebnis des bildgebenden Verfahrens, angezeigt. An den betreffenden Körperteilen ist dabei ein Lagesensor anzubringen, der gewährleistet, daß sich der Datensatz entsprechend einer allfälligen Bewegung des Körperteils, z.B. des Unterkiefers im vorliegenden Fall, verschiebt. Voraussetzung für dieses Verfahren ist jedoch eine anfängliche Einstellung des Systems, bei der charakteristische Punkte des Datensatzes identifiziert werden und mit den entsprechenden charakteristischen Punkten in der optischen Darstellung in Übereinstimmung gebracht werden. Gerade bei der Anwendung eines solchen Verfahrens auf das menschliche Kiefer stellen sich hierbei jedoch große Probleme, da die erforderlichen charakteristischen Punkte nicht in ausreichender Zahl vorhanden sind. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn es sich um einen zahnlosen Kiefer handelt. Außerdem macht die benötigte Genauigkeit im Bereich des Kiefers eine solche Einstellung auch bei Vorliegen von Zähnen problematisch.

Es sind weiters sogenannte Artikulatoren zur Bestimmung der Lage des Unterkiefers bekannt. Damit kann beispielsweise die Lage der virtuellen Längsachse des Unterkiefers bestimmt werden. Solche Artikulatoren sind jedoch nicht dazu geeignet, das oben beschriebene Problem zu lösen, da die Mundhöhle beim Eingriff selbst frei zugänglich sein muß.

Eine weiterhin mögliche Anbringung von Markierungspunkten auf der Haut an der Außenseite des Kiefers ist nicht durchführbar, da die Patienten während des Eingriffes normalerweise narkotisiert werden. Dazu werden sie durch die Nase intubiert, wodurch sich eine völlige Verspannung der Gesichtsmuskulatur ergibt, was zu einer Verschiebung der Markierungspunkte führt. Dies macht ein Heranziehen dieser Punkte zur Lagebestimmung unmöglich. Eine Befestigung eines Markierungskörpers durch die Haut hindurch bereits bei der Aufnahme vorzunehmen, ist wegen der damit verbundenen Belastung für den Patienten im allgemeinen nicht möglich.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren zu schaffen, das eine sorgfältige Planung eines operativen Eingriffes im Bereich der Kiefer anhand eines Modells ermöglicht, wobei die Darstellungen aus bildgebenden Verfahren in anschaulicher Weise einbezogen werden können. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, während eines operativen Eingriffes selbst eine Kontrolle des jeweils erreichten Zustandes zu ermöglichen, indem eine optische Darstellung des Operationsbereiches zur Verfügung gestellt wird, die lagerichtig mit dem Ergebnis des bildgebenden Verfahrens überlagert ist.

Erfindungsgemäß wird dies in einem ersten Aspekt der Erfindung durch die Ausführung folgender Schritte erreicht:

1. vorbereitende Schritte: diese können zu einem beliebigen Zeitpunkt vor der eigentlichen Darstellung durchgeführt werden, wobei lediglich gefordert werden muß, daß sich der Kiefer zwischen der Durchführung dieser Schritte und der Darstellung nicht verändert, etwa durch einen zahnärztlichen Eingriff.

- Einführen einer Vorrichtung zur Lagebestimmung, die Markierungspunkte aufweist, in die Mundhöhle der Person; wesentlich an der Vorrichtung ist, daß sie eine eindeutig und genau reproduzierbare Stellung in der Mundhöhle einnimmt. Die Markierungspunkte sollen in dem jeweils verwendeten bildgebenden Verfahren einen guten Kontrast ergeben und somit leicht identifizierbar sein. Es kann sich im Fall von Röntgenaufnahmen etwa um Bleikügelchen handeln, die fest in Kunststoffmaterial eingegossen sind. Als Markierungspunkte können auch die Ecken einer in der Vorrichtung eingebauten Drahtstruktur o. dgl. dienen. Der in der Folge beschriebene Lagesensor selbst ist zu diesem Zeitpunkt nicht notwendigerweise in der Vorrichtung enthalten oder an ihr angebracht. Wesentlich ist jedoch, daß dieser Lagesensor in der Folge lagemäßig eindeutig mit der Vorrichtung verbindbar ist.
- Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers der Person mit einem bildgebenden Ver-

fahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungen mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz; diese sogenannte Digitalisierung ist eine Voraussetzung für die spätere Bearbeitung der Aufnahme.

Identifikation der Markierungspunkte; diese kann von Hand durchgeführt werden, etwa indem ein Markierungspunkt nach dem anderen auf einem Bildschirm mit dem Cursor aufgesucht wird und dadurch identifiziert wird. Dies bedeutet, daß die Koordinaten der Markierungspunkte im Koordinatensystem der Aufnahme festgestellt werden. Es ist jedoch auch durchaus möglich, ein Mustererkennungsverfahren zur Identifikation zu verwenden.

2. Schritte zur Durchführung der eigentlichen Darstellung; diese Schritte werden anläßlich einer Untersuchung der Person oder während eines Eingriffs durchgeführt.

- Anbringen eines 3D-Sensors auf der Außenseite des betreffenden Kiefers; dies erfolgt beispielsweise dadurch, daß die Halterung für den 3D-Sensor durch die Haut im Bereich des Kinns der Person eingeschraubt wird, wenn die Darstellung des Unterkiefers erfolgen soll. Es ist selbstverständlich auch möglich, sowohl Unterkiefer als auch Oberkiefer für die Darstellung vorzubereiten, indem zwei Sensoren verwendet werden.
- Neuerliches Einführen der Vorrichtung zur Lagebestimmung, falls diese inzwischen entnommen worden ist, in die Mundhöhle in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung mit einem 3D-Sensor ausgestattet ist; Es ist im Prinzip möglich, daß die Aufnahme unmittelbar vor der Darstellung hergestellt wird. In diesem Fall kann sich die Vorrichtung zur Lagebestimmung noch in der Mundhöhle befinden. Im allgemeinen wird jedoch in diesem Schritt die Vorrichtung neu eingesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß exakt die gleiche Lage in Bezug auf das Kiefer wie bei der Aufnahme erreicht wird. Nunmehr muß der 3D-Sensor an der Vorrichtung angebracht sein oder in ihr eingebaut sein. Wesentlich ist, daß die Lage dieses Sensors in Bezug auf die Markierungen eindeutig ist und genau bekannt ist.
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor der Vorrichtung und dem 3D-Sensor auf der Außenseite des Kiefers; dies erfolgt dadurch, daß die räumliche Lage der beiden Sensoren gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig bestimmt wird.

- Entfernen der Vorrichtung zur Lagebestimmung; dadurch wird der freie Zugang zur Mundhöhle hergestellt.
- Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung. Durch den Sensor auf der Außenseite des Kiefers ist die aktuelle Lage des Kiefers stets bekannt. Durch die Durchführung einer Reihe von Koordinatentransformationen gelingt es, den Datensatz so zu positionieren, daß die Strukturen des Datensatzes mit den entsprechenden Strukturen des optischen Bildes auch bei einer räumlichen Bewegung des Kiefers stets in Übereinstimmung bleiben. Wenn beide Kiefer mit Sensoren versehen sind, kann zwischen der lagerichtigen Darstellung des Unterkiefers und des Oberkiefers umgeschaltet werden. Es ist jedoch auch möglich, den Datensatz in einen das Unterkiefer betreffenden Teil und einen das Oberkiefer betreffenden Teil zu unterteilen, wobei es dann möglich ist, sowohl Unterkiefer als auch Oberkiefer lagerichtig mit dem entsprechenden Datensatz überlagert darzustellen.

Wesentlich an der vorliegenden Erfindung ist, daß der Schritt der anfänglichen Einstellung der Zuordnung zwischen dem Datensatz und der optischen Darstellung wesentlich vereinfacht wird. Wenn diese Zuordnung einmal hergestellt ist, kann das Verfahren so ablaufen, wie dies in der EPA 488 987 beschrieben ist. Da die Lage der Markierungspunkte in der Vorrichtung zur Lagebestimmung bekannt ist, ist es nicht notwendig, diese Punkte mit einem 3D-Stylus abzutasten, oder sonstige Maßnahmen zu treffen, um das System einzustellen.

In einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Darstellung nicht mit dem betreffenden Kiefer selbst durchgeführt, sondern es wird ein Modell der Kiefer in einer bekannten Art hergestellt. Die Vorrichtung zur Lagebestimmung paßt dann auch in dieses Modell in einer eindeutig bestimmten Lage. Auf diese Weise kann das Modell mit lagerichtig überlagertem Datensatz dargestellt werden. Damit ist es in einer sehr komfortablen Art möglich, eine Operationsplanung durchzuführen, oder verschiedene Varianten eines Eingriffs zu simulieren.

Diese beiden ersten Aspekte können miteinander kombiniert werden, wodurch der Bezug des realen Kiefers zu dem Modell in einer sehr anschaulichen Art dargestellt werden kann. Weiters kann die optische Darstellung auch festgehalten werden, indem Photographien oder Videoaufnahmen angefertigt werden.

Die Darstellung selbst kann in der Weise erfolgen, die in der EP-A 488 987 beschrieben ist. Dabei wird eine Videokamera, die mit einem Lagesensor versehen ist, dazu verwendet, eine optische Darstellung des Objektes, also des Kiefers oder des Modells zu erzeugen, die auf einem entsprechenden Monitor angezeigt

wird. Da sowohl die räumliche Lage der Kamera, als auch die räumliche Lage des Objektes bekannt ist, kann eine Darstellung des Datensatzes berechnet werden, die dem gleichen Blickwinkel und dem gleichen Maßstab entspricht. Somit fallen die entsprechenden Strukturen der optischen Darstellung und aus der Aufnahme des bildgebenden Verfahrens zusammen und können lagerichtig gleichzeitig oder alternativ dargestellt werden.

Es ist jedoch in einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung möglich, daß das Erzeugen einer Überlagerung des optischen Bildes mit dem Datensatz dadurch erfolgt, daß eine Anzeige des Datensatzes zwischen dem Auge des Betrachters und dem darzustellenden Kiefer bzw. dem Modell des Kiefers zwischengeschaltet wird. Eine solche Anzeige kann etwa als transparentes LCD (Flüssigkristall) Display ausgebildet sein. Der Anwender beobachtet dabei die reale Situation durch das Display hindurch, auf dem gleichzeitig der Datensatz dargestellt wird. Im Auge des Anwenders kommt es dadurch zur Überlagerung. Im allgemeinen Fall ist sowohl der Anwender als auch das Display frei beweglich, wobei jedoch die Randbedingung erfüllt sein muß, daß der Anwender das Objekt durch das Display hindurch beobachten kann. In diesem Fall trägt sowohl der Anwender als auch das Display einen 3D-Sensor, damit wiederum die jeweilige Perspektive berechnet werden kann. Ein solches Verfahren ist für allgemeine Objekte im AT - Patent 398 163 des Anmelders dargestellt. Diese Variante besitzt den Vorteil, daß der Anwender abgesehen von dem sehr kleinen und leichten Sensor - keinerlei Vorrichtung auf dem Kopf tragen muß. Weiters ist es auf einfache Weise möglich, auch weiteren Personen den Zugang zu der Darstellung zu verschaffen.

Ferner ist es jedoch im Rahmen der Erfindung in gleicher Weise möglich, das Display als Brille auszubilden oder sonst fest mit dem Kopf des Anwenders zu verbinden. Auch die Verwendung halbdurchlässiger Spiegel oder sonstiger Verfahren zur Einspiegelung in das Auge des Betrachters sind grundsätzlich möglich.

In einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß vom Anwender dreidimensionale Strukturen in den Datensatz der Aufnahme eingefügt werden und daß diese in lagerichtiger Zuordnung zum optischen Bild dargestellt werden. Auf diese Weise ist es nicht nur möglich, gewisse nur undeutliche Strukturen in der Aufnahme hervorzuheben, sondern es kann auch in sehr einfacher Weise eine Simulation durchgeführt werden. Dies ist etwa dann vorteilhaft, wenn im Rahmen eines kieferorthopädischen Eingriffs eine Veränderung gezielt herbeigeführt werden soll. Dabei kann der gewünschte oder geplante Endzustand eingezeichnet werden. Es können auch Situationen dargestellt werden, die sich nach dem Entfernen oder Hinzufügen von Knochenkeilen ergeben. Anhand der Darstellung am Modell kann so über die Durchführbarkeit und Problematik eines solchen Eingriffs sehr genau Aufschluß gewonnen werden.

Weiters kann die optische Darstellung nicht nur "live" erfolgen, sondern auch festgehalten werden, indem Photographien oder Videoaufnahmen angefertigt werden. Wenn dabei die Vorrichtung zur Lagebestimmung auch optisch sichtbare Markierungspunkte aufweist, so kann das erfindungsgemäße Verfahren geringfügig modifiziert werden. Die vorbereitenden Schritte entsprechen denen des oben beschriebenen Verfahrens. In der Folge wird der Einfachheit halber von der Aufnahme von Photos ausgegangen. Für Videoaufnahmen gilt das Gesagte sinngemäß. Je nachdem, ob die Photoaufnahmen vom Kiefer selbst oder von einem Modell angefertigt werden soll, wird ein solches Modell hergestellt oder nicht. Wesentlich ist, daß mindestens eine Aufnahme, besser jedoch zwei oder mehr Aufnahmen jeweils aus der gleichen Perspektive einmal mit eingesetzter Vorrichtung zur Lagebestimmung und einmal ohne diese hergestellt werden. Da die Markierungspunkte der Vorrichtung auch auf den Photos sichtbar sind, können diese auf einem Monitor mit der Röntgen-Aufnahme o. dgl. in Übereinstimmung gebracht werden. Auf diese Weise ist es möglich, die entsprechende Koordinatentransformation zu bestimmen. Da die Photos ohne die Vorrichtung aus der gleichen Perspektive hergestellt worden sind, ist es nunmehr möglich, auch in diese den Datensatz aus dem bildgebenden Verfahren lagerichtig einzublenden. Dies ist wesentlich, da erst auf dieser Aufnahme die interessierenden Strukturen ohne Behinderung durch die Vorrichtung ersichtlich sind. Falls zwischen den Aufnahmen der Photos eine gewisse Bewegung des Kiefers stattgefunden hat, wie dies in manchen Fällen unvermeidlich ist, so wird das Verfahren dadurch nicht beeinträchtigt, da der außen angebrachte Lagesensor diese Bewegung erfaßt und somit eine entsprechende Korrektur möglich ist. Neben der Darstellung der Photos ist natürlich auch bei dieser Variante des Verfahrens die "live" Darstellung, wie sie oben beschrieben ist, zusätzlich möglich. Das Verfahren ist vereinfacht, da ein eigener 3D-Sensor der Vorrichtung zur Lagebestimmung entbehrlich ist.

Weiters betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Lagebestimmung, die für eines der obigen Verfahren verwendbar ist, wobei die Vorrichtung in die Mundhöhle einer Person einführbar ist und so ausgebildet ist, daß sie durch Oberkiefer und Unterkiefer der Person in einer eindeutig reproduzierbaren Stellung gehalten werden kann. Diese Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß sie Markierungspunkte aufweist, die mit einem bildgebenden Verfahren identifizierbar sind und daß sie weiters einen Lagesensor aufweist, der eine genaue Bestimmung der räumlichen Lage der Vorrichtung ermöglicht. Wie dies oben bereits beschrieben worden ist, kann der Lagesensor entferntbar sein, solange gewährleistet ist, daß bei eingebautem Sensor die räumliche Zuordnung zwischen Sensor und den Markierungspunkten eindeutig und reproduzierbar ist.

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Vorrichtung aus einem festen Grundkörper besteht, der die Markie-

zungspunkte und den Lagesensor aufweist und daß an diesem Grundkörper Haltekörper aus einem flexiblen, erhärtbaren Material gebildet sind, die sich der Form von Zähnen oder dem Kiefer anpassen. Die Vorrichtung wird dabei zunächst in der Art eines Abdruckes an das Kiefer angepaßt und kann nach dem Erhärten reproduzierbar in der gleichen Lage eingesetzt werden.

In einer Variante der Vorrichtung weist diese Markierungspunkte auf, die sowohl mit einem bildgebenden Verfahren identifizierbar sind, als auch optisch sichtbar sind.

In der Folge wird die Erfindung durch die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Figuren zeigen schematisch:

Die Fig. 1 eine Person mit einer in die Mundhöhle eingesetzten Vorrichtung zur Lagebestimmung; die Fig. 2 ein erstes System, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann; die Fig. 3 ein zweites System, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann und die Fig. 4 eine Variante der Ausführung von Markierungspunkten.

In der Fig. 1 ist der Kopf einer Person mit Unterkiefer 1 und Oberkiefer 2 angedeutet. Dazwischen befindet sich eine Vorrichtung 3 zur Lagebestimmung, die als sogenannter Splint ausgebildet ist, der in einer eindeutig reproduzierbaren Stellung eingesetzt werden kann. In dieser Vorrichtung 3 ist eine Anzahl von Markierungspunkten 4 vorgesehen, die z.B. auf einer Röntgendarstellung klar ersichtlich sind. Ein 3D-Sensor 5 ist fest mit der Vorrichtung 3 verbunden. An der Außenseite des Unterkiefers 1 ist ein weiterer 3D-Sensor 6 angeschraubt.

Das System von Fig. 2 besteht aus einer Kamera 10, an der ein 3D-Sensor 11 fest angebracht ist. Die Kamera ist über einen Computer 12 mit einem Monitor 13 verbunden, auf dem der Unterkiefer 1 dargestellt werden kann. In dem Computer 12 ist weiters eine Aufnahme des bildgebenden Verfahrens gespeichert. Weiters ist der Computer mit einem Magnetfeldemitter 14 verbunden, der raumfest angeordnet ist. Dadurch kann die jeweilige räumliche Lage einschließlich der Winkelage der Sensoren 6 und 11 erfaßt werden. Der Computer berechnet in Echtzeit eine Darstellung des Datensatzes aus dem bildgebenden Verfahren und zeigt diese auf dem Bildschirm an.

Bei der Ausführungsvariante von Fig. 3 ist der Computer 12 mit einem durchlässigen LCD-Display 23 verbunden, das einen 3D-Sensor 22 trägt. Der Betrachter 20 trägt ebenfalls einen 3D-Sensor 21. Neben dem Sensor 6, der wie bei der vorigen Ausführungsvariante mit dem Unterkiefer 1 verbunden ist, ist hier auch ein an der Stirn angebrachter Sensor 26 vorgesehen, der somit mit dem Oberkiefer 2 fest verbunden ist. Der Computer berechnet eine Darstellung des bildgebenden Verfahrens, die der jeweiligen Stellung von Kiefer 1, 2, Display 23 und Betrachter 20 zueinander entspricht. In gleicher Weise kann ein Modell 30 des Kiefers betrachtet werden, das mit Sensoren 31, 32 bestückt ist.

Die Fig. 4 zeigt schematisch eine Alternative zur Ausführung der Markierungspunkte, die in oder an der Vorrichtung zur Lagebestimmung angebracht sind. In drei zueinander rechtwinkligen Ebenen 40, 41, 42 sind Strukturen angeordnet, die auf der Röntgenaufnahme o. dgl. einen Kontrast ergeben. Zwei dieser Ebenen 40, 42 sind dann, wenn die Vorrichtung 3 in das Kiefer 1, 2 eingesetzt ist, im wesentlichen parallel zur Symmetrieebene des Kopfes. Die Strukturen bestehen jeweils aus einem Rechteck mit einer Diagonale. Mit 50 ist eine gedachte Schichtebene einer CT-Aufnahme bezeichnet, die rechtwinklig zu den Ebenen 40 und 42 ist. In der entsprechenden Darstellung dieser CT-Schicht 50 erscheint die obere Seite 60 des Rechtecks als Punkt 60a, die untere Seite 61 als Punkt 61a und die Diagonale 62 als zwischen diesen Punkten 60a und 61a liegenden Punkt 62a. Aus dem Verhältnis der Abstände  $m$  und  $n$  des Punktes 62a zu den Punkten 60a und 61a kann man die genaue Lage der Schicht 50 bestimmen. Auf diese Weise ist es möglich, die Information des CTs über den Tischvorschub zu korrigieren, was etwa dann erforderlich ist, wenn sich der Patient während des Scanvorganges bewegt hat.

Die Ebenen 40, 41, 42 mit den oben beschriebenen Strukturen können sowohl in der Vorrichtung zur Lagebestimmung integriert sein, als auch durch eine starre Verbindung mit ihr so verbunden sein, daß sie außerhalb der Kiefer 1, 2 liegen.

## 30 Patentansprüche

1. Verfahren zur Darstellung des Kiefers einer Person, bestehend aus folgenden vorbereitenden Schritten:

- Einführen einer Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, die Markierungspunkte (4) aufweist, in die Mundhöhle der Person;
- Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers (1, 2) der Person mit einem bildgebenden Verfahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungspunkte (4) mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz;
- Identifikation der Markierungspunkte (4);

wobei zur Darstellung folgende Schritte durchgeführt werden:

- Anbringen eines 3D-Sensors (6, 26) auf der Außenseite des betreffenden Kiefers (1, 2);
- Neuerliches Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, falls diese inzwischen entnommen worden ist, in die Mundhöhle in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor (5) ausgestattet ist;
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor (5) der Vorrichtung (3)

und dem 3D-Sensor (6, 26) auf der Außenseite des Kiefers (1, 2);

- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerrichtiger Zuordnung.

## 2. Verfahren zur Darstellung eines Modells des Kiefers einer Person, bestehend aus folgenden vorbereitenden Schritten:

- Einführen einer Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, die Markierungspunkte (4) aufweist, in die Mundhöhle der Person;
- Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers (1, 2) der Person mit einem bildgebenden Verfahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungspunkte (4) mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz;
- Identifikation der Markierungspunkte (4);
- Herstellen eines Abdruckes des Kiefers (1, 2) und Erzeugen eines Modells (30) des Kiefers (1, 2);

wobei zur Darstellung folgende Schritte durchgeführt werden:

- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors (31, 32) auf der Außenseite des Modells (30) des Kiefers (1, 2);
- Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung in das Modell (30) in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor (5) ausgestattet ist;
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor (5) der Vorrichtung (3) und dem 3D-Sensor (30, 31) auf der Außenseite des Modells (30) des Kiefers (1, 2);
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Modells (30) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung.

## 3. Verfahren zur Darstellung des Kiefers einer Person und eines Modells davon, bestehend aus folgenden vorbereitenden Schritten:

- Einführen einer Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, die Markierungspunkte (4) aufweist, in die Mundhöhle der Person;
- Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers (1, 2) der Person mit einem bildgebenden Verfahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungspunkte

(4) mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz;

- Identifikation der Markierungspunkte (4);
- Herstellen eines Abdruckes des Kiefers (1, 2) und Erzeugen eines Modells (30) des Kiefers (1, 2);

wobei zur Darstellung folgende Schritte durchgeführt werden:

- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors (6, 26) auf der Außenseite des betreffenden Kiefers (1, 2);
- Neuerliches Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, falls diese inzwischen entnommen worden ist, in die Mundhöhle in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor (5) ausgestattet ist;
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor (5) der Vorrichtung (3) und dem 3D-Sensor (6, 26) auf der Außenseite des Kiefers (1, 2);
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors auf der Außenseite des Modells des Kiefers (1, 2);
- Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung in das Modell (30) des Kiefers (1, 2) in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme, wobei die Vorrichtung (3) mit einem 3D-Sensor (5) ausgestattet ist;
- Bestimmen der lagemäßigen Beziehung zwischen dem 3D-Sensor (5) der Vorrichtung (3) und dem 3D-Sensor (30, 31) auf der Außenseite des Modells (30) des Kiefers (1, 2);
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;
- Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung oder alternativ dazu Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Modells (30) des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung.

## 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen der Überlagerung eines optischen Bildes mit dem Datensatz auf einen Monitor (13) erfolgt, wobei das optische Bild von einer Videokamera (10) aufgenommen wird, die mit einem 3D-Sensor (11) zur Bestimmung der räumlichen Lage fest verbunden ist.

## 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen einer Überlagerung des optischen Bildes mit dem Datensatz dadurch erfolgt, daß eine Anzeige des Datensatzes zwischen dem Auge des Betrachters (20)



und dem darzustellenden Kiefer (1, 2) bzw. dem Modell (30) des Kiefers (1, 2) zwischengeschaltet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeige als transparentes LCD-Display (23) ausgebildet ist. 5
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeige als Brille, als ein Schirm, der zwischen Beobachter und Kiefer (1, 2) bzw. Modell angeordnet ist und der vorzugsweise einen 3D-Sensor trägt, ausgebildet ist, oder daß die Anzeige durch Einspiegelung des Datensatz in das Auge des Beobachters (20) durchgeführt wird. 10 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vom Anwender dreidimensionale Strukturen in den Datensatz der Aufnahme eingefügt werden und daß diese in lagerichtiger Zuordnung zum optischen Bild dargestellt werden. 20
9. Verfahren zur Darstellung des Kiefers einer Person und/oder eines Modells davon, bestehend aus folgenden vorbereitenden Schritten: 25
  - Einführen einer Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, die optisch sichtbare Markierungspunkte (4) aufweist, in die Mundhöhle der Person; 30
  - Erstellen mindestens einer Aufnahme des Kiefers (1, 2) der Person mit einem bildgebenden Verfahren, wie etwa Röntgen, Tomographie, NMR oder dgl., wobei die Markierungspunkte (4) mit aufgenommen werden, und Speicherung der Aufnahme als Datensatz; 35
  - gegebenenfalls Herstellen eines Abdruckes des Kiefers (1, 2) und Erzeugen eines Modells (30) des Kiefers (1, 2); 40

wobei zur Darstellung folgende Schritte durchgeführt werden:

- Anbringen eines weiteren 3D-Sensors (6, 26) auf der Außenseite des betreffenden Kiefers (1, 2) bzw. des Modells (30) des Kiefers; 45
- Neuerliches Einführen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung, falls diese inzwischen entnommen worden ist, in die Mundhöhle bzw. in das Modell (30) in gleicher Lage wie bei der Erstellung der Aufnahme des bildgebenden Verfahrens; 50
- Herstellung mindestens einer photographischen oder Video-Aufnahme des Kiefers (1, 2) bzw. des Modells (30); 55
- Entfernen der Vorrichtung (3) zur Lagebestimmung;

- Herstellung mindestens einer weiteren photographischen oder Video-Aufnahme des Kiefers (1, 2) bzw. des Modells (30) aus der gleichen Position;
  - Speicherung der photographischen oder Video-Aufnahmen als Datensatz;
  - Herstellen der Übereinstimmung der Markierungspunkte auf der Aufnahme des bildgebenden Verfahrens und der optischen Darstellung;
  - Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers (1, 2) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung oder alternativ dazu Erzeugen einer Überlagerung eines optischen Bildes des Kiefers (1, 2) bzw. des Modells (30) mit dem Datensatz in lagerichtiger Zuordnung.
10. Vorrichtung zur Lagebestimmung, die für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendbar ist, wobei die Vorrichtung (3) in die Mundhöhle einer Person einführbar ist und so ausgebildet ist, daß sie durch Oberkiefer (2) und Unterkiefer (1) der Person in einer eindeutig reproduzierbaren Stellung gehalten werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (3) Markierungspunkte (4) aufweist, die mit einem bildgebenden Verfahren identifizierbar sind und daß sie weiters einen Lagesensor (5) aufweist, der eine genaue Bestimmung der räumlichen Lage der Vorrichtung (3) ermöglicht.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einem festen Grundkörper besteht, der die Markierungspunkte (4) und den Lagesensor aufweist und daß an diesem Grundkörper Haltekörper aus einem flexiblen, erhärtbaren Material gebildet sind, die sich der Form von Zähnen oder dem Kiefer (1, 2) anpassen.
  12. Vorrichtung zur Lagebestimmung, die für ein Verfahren nach Anspruch 9 verwendbar ist, wobei die Vorrichtung (3) in die Mundhöhle einer Person einführbar ist und so ausgebildet ist, daß sie durch Oberkiefer (2) und Unterkiefer (1) der Person in einer eindeutig reproduzierbaren Stellung gehalten werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (3) Markierungspunkte (4) aufweist, die sowohl mit einem bildgebenden Verfahren identifizierbar sind, als auch optisch sichtbar sind.

Fig. 1

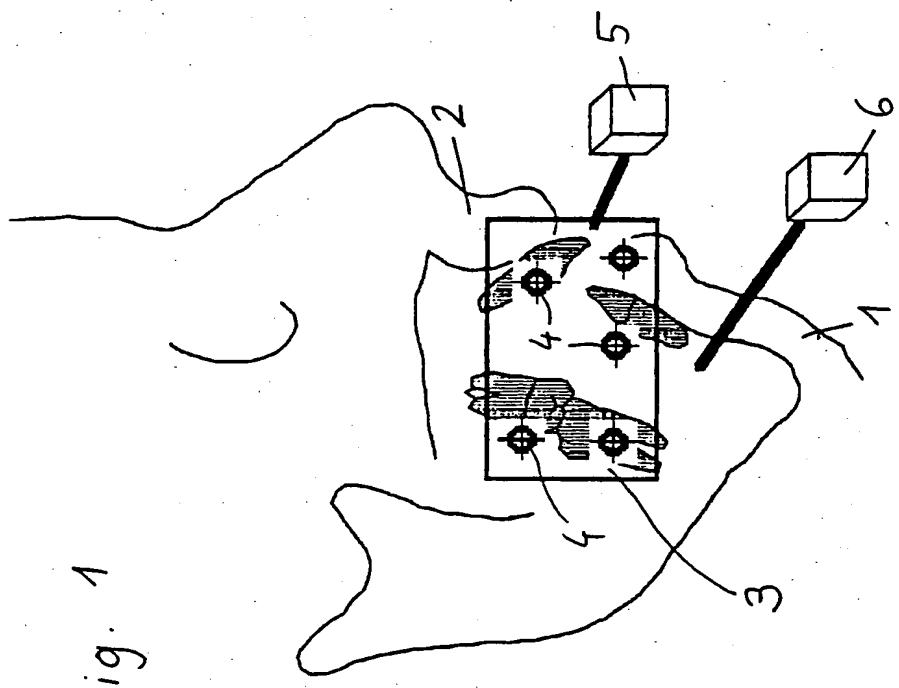


Fig. 2

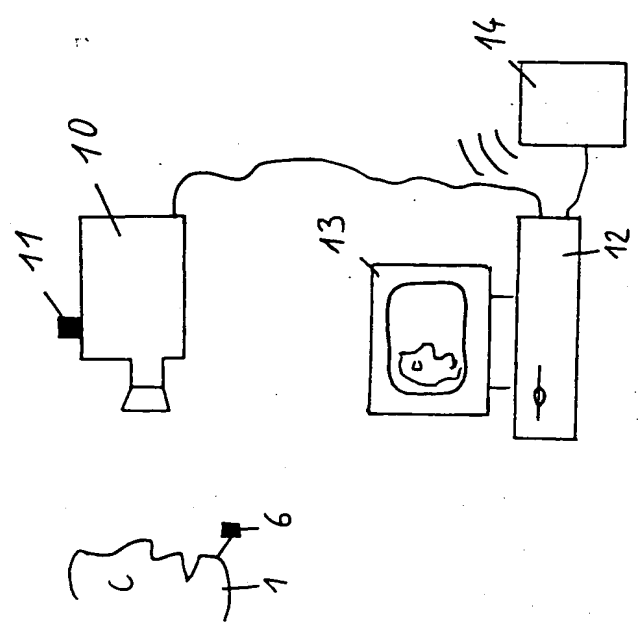
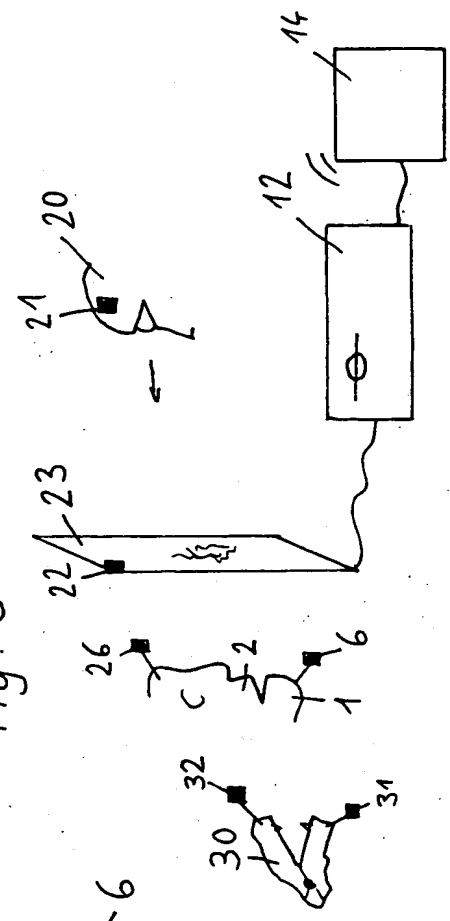


Fig. 3



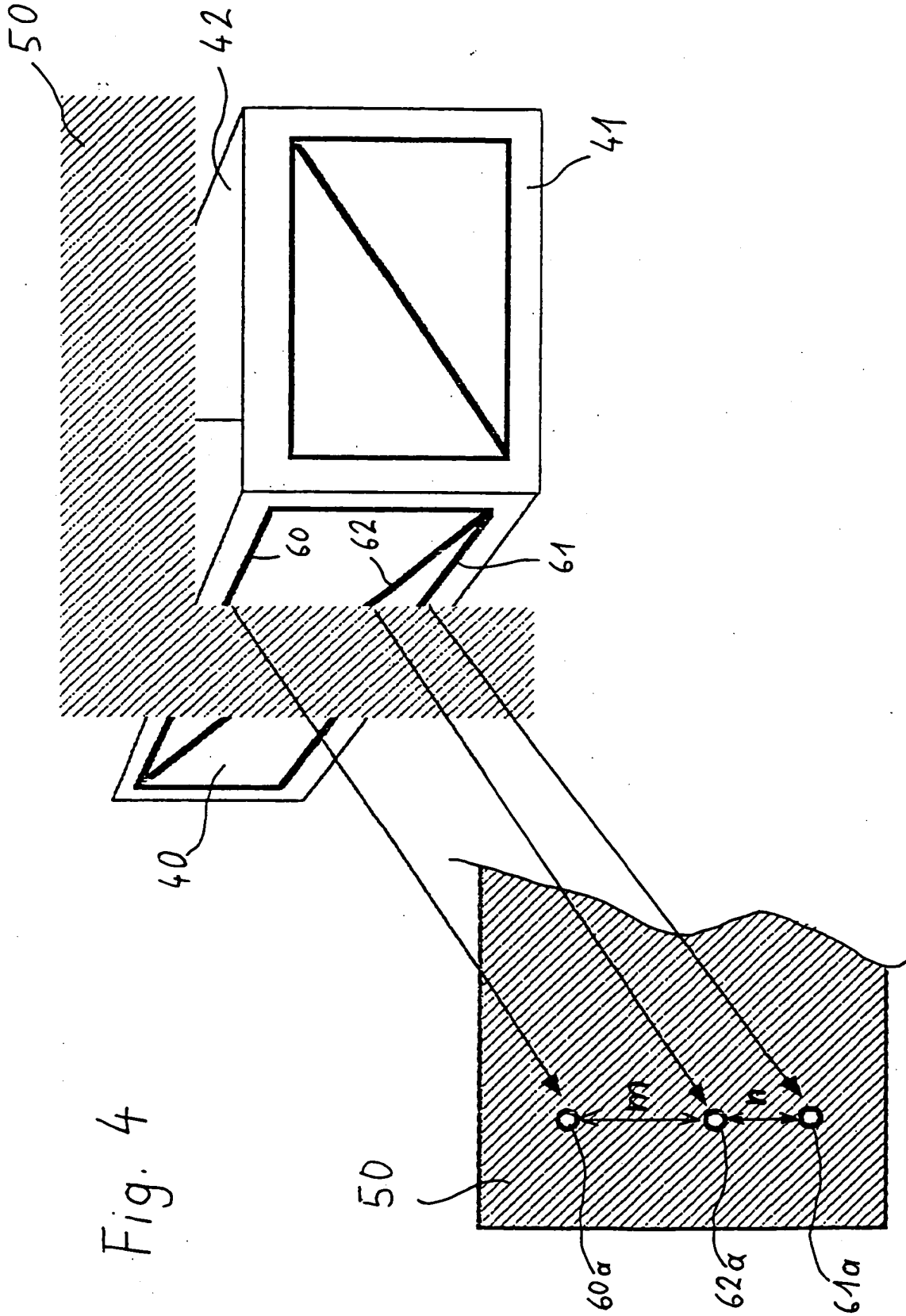


Fig. 4



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 89 0092

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	EP-A-0 314 506 (THE GOVERNORS OF THE UNIVERSITY OF ALBERTA)	1,10	A61B5/06 A61B6/14
A	* Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 51 - Spalte 11, Zeile 19; Tabellen 1-4 *	4,5	
Y	WO-A-93 22893 (WAKE FOREST UNIVERSITY)	1,10	
A	* Seite 10, Zeile 3 - Seite 12, Zeile 9; Tabelle 1 *	11,12	
Y	US-A-5 113 424 (G.C.BURDEA ET AL)	1,10	
A	* Spalte 9, Zeile 22 - Zeile 60; Tabelle 1 *	4,8,11,12	
D,A	EP-A-0 488 987 (TRUPPE, MICHAEL, DR.) * Seite 4, Zeile 31 - Zeile 50; Tabelle 1 *	1,4,5,8,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			A61B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchanort <b>BERLIN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>1. September 1995</b>	Prüfer <b>Weih, J</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund L : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument * : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 150 (3.12.92) (PO/CN)

Line 40 : BNSDOC tag : No converter for FO FP Output Format PS CC EP KC PA

Error converter: /work/bps/bin/err2ps

*This Page Blank (uspto)*

02

(19) European Patent Office

(11) EP 0 741 994 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Publication date:

13.11.1996 Patent Office Journal (Patentblatt) 1996/46

(21) Registration number: 95890092.0

(22) Date of filing: 11.05.1995

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> A61B 5/06, A61B 6/14

(84) Designated contractual states:

AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(71) Applicant: TRUPPE, Michael, Dr. 1110 Vienna (AT)

(72) Inventor: TRUPPE, Michael, Dr. 1110 Vienna (AT)

(74) Representative: Babeluk, Michael, Dipl. Ing. Mag., Patent Attorneys Babeluk-Krause, Mariahilfer Guertel 39/17, 1150 Vienna (AT)

---

(54) Process for display of the jaw

(57) The invention concerns a process for display of a person's jaw (1, 2) and a model thereof. The process involves the following preparatory steps:

- Introducing into the person's oral cavity a position-determining device (3) with marking points (4);
- Taking at least one image of the person's jaw (1, 2) by means of an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marks are also photographed, and storing the image as a data record;
- Identifying the marking points (4);
- Producing an impression of the jaw (1, 2) and generating a model of the jaw (1, 2).

The following stages are carried out in order to display the jaw:

- Applying an additional 3D sensor on the outside of the jaw in question (1, 2);
- Re-introducing the position-determining device (3), if meanwhile removed, into the oral cavity in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted this time with a 3D sensor;

*This Page Blank (uspto)*



- Determining the positional relationship between the 3D sensor of the device (3) and the 3D sensor on the outside of the jaw (1, 2);
- Removing the position-determining device (3);
- Placing an additional 3D sensor on the outside of the model of the jaw (1, 2);
- Introducing the position-determining device (3) into the model of the jaw (1, 2) in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted with a 3D sensor;
- Determining the positional relationship between the 3D sensor of the device (3) and the 3D sensor on the outside of the model of the jaw (1, 2);
- Removing the position-determining device (3);
- Generating a superimposition of an optical image of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement, or alternatively generating a superimposition of an optical image of the model of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement. The invention further involves a position-determining device (3).

*This Page Blank (uspto)*

## Description

The invention involves a procedure for display of a person's jaw (1, 2) and/or a model thereof.

When producing dental implants, it is vital to accurately plan the operative procedures. A number of measures are available for this purpose. Normally an impression of the patient's jaw is taken, from which a model of the jaw can be made. Alternatively, a number of imaging procedures are suitable for providing the attending physician/dentist with information on the specific situation. These may be regular X-ray images, tomograms or NMRs (nuclear magnetic resonance images). However, all these cases share the unsatisfactory aspect that the observer must reconcile the model, on the one hand, with the display resulting from imaging methods, on the other. What is even more difficult is having to reconcile the real situation during the operation itself with the model or the previously generated display.

From the applicant's EPA 488 987 a procedure is known for displaying movable bodies, in which a visual display of the body and a data field can be displayed simultaneously or alternately in real time, from the same perspective and to the same scale. Such a procedure is basically suitable for solving the problem described above. An optical image of the jaw in question is displayed on a monitor, while the associated data record, which is the result of the imaging procedure, is displayed at the same time. A position sensor must be attached to the relevant body parts, to guarantee that the data record is displaced in accordance with any movement of the body part, e.g. the lower jaw in the case in question. A prerequisite for this procedure is, however, an initial setting of the system in which the characteristic points of the data record are identified and coordinated with the corresponding characteristic points in the visual display. However, major problems occur when applying such a procedure to the human jaw, since the requisite characteristic points are not present in sufficient numbers. This is particularly true in the case of a toothless jaw. In addition, the required accuracy in the area of the jaw makes such a setting problematic even when teeth are present.

Additionally, so-called articulators are known for determining the position of the lower jaw. These enable determination, for example, of the position of the virtual longitudinal axis of the lower jaw. However, such articulators do not help to solve the problem described above, since the oral cavity must be freely accessible during the actual intervention.

Another possible way of applying marking points on the skin of the outside of the jaw cannot be implemented, since the patient is normally anesthetized during interventions. For this purpose, intubation is performed through the nose, resulting in complete relaxation of the facial muscles and leading to a displacement of the marking points. This makes it impossible to use these points to determine position. Fixing a marking body through the skin when producing the images is generally not possible because of the distress thus caused to the patient.

One of the objectives to be achieved by the invention is to avoid these drawbacks and create a procedure which allows for careful planning of a surgical intervention in the area of the jaw by means of a model, whereby displays from imaging procedures may be used for graphic purposes. A further object of the invention is to enable the condition achieved at any particular moment to be controlled by making available a visual display of the operation area, which is superimposed in a correct positional arrangement with the result of the imaging procedure.

*This Page Blank (uspto)*

According to the invention, this is achieved in a first aspect of the invention by performing the following steps:

1. Preparatory steps: these can be carried out at any time prior to the actual display; in this regard, the only requirement is that the jaw does not change (e.g. as a result of a dental procedure) between performance of these steps and the display.

- Introducing a position-determining device (3) with marking points into the person's oral cavity; it is important for the device to occupy a position in the oral cavity which is unambiguous and can be precisely reproduced. The marking points should provide good contrast in the specific imaging procedure used, and hence be readily identifiable. In the case of X-rays, these may be lead pellets immovably cast in the plastic material. Another type of marking point could be the corners of a wire structure or similar built into the device. At this point, the position sensor described below is not necessarily contained in the device or attached to it. However, the important thing is that it must subsequently be possible to connect this position sensor to the device in a positionally unambiguous fashion.

- Taking at least one image of the person's jaw with an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marks are also photographed, and storing the image as a data record; this so-called "digitization" is a prerequisite for the subsequent processing of the image.

- Identifying the marking points; this can be done manually, for example by searching for one marking point after the other on the screen by means of the cursor, thereby identifying them. This means that the coordinates of the marking points are identified in the image system of coordinates. However, it is also possible to use a pattern-recognition procedure for identification.

2. Steps for producing the actual display: these steps are carried out when the person is examined or during an intervention.

- Placing a 3D sensor on the outside of the jaw in question; this is done, for example, by screwing the holder for the 3D sensor through the skin in the area of the person's chin if the lower jaw is to be displayed. It is, of course, also possible to prepare both the lower and the upper jaw for display, by using two sensors.

- Re-introducing the position-determining device, if meanwhile removed, into the oral cavity in the same position as when producing the image, the device being fitted with a 3D sensor. In principle, it is possible for the image to be produced immediately before the display. In this case, the position-determining device may still be in the mouth. Generally speaking, however, the device is re-inserted at this stage: attention must be paid to achieving exactly the same position relative to the jaw as when the picture was taken. The 3D sensor must be attached to the device, or built into it. What is important is that the position of this sensor, relative to the markings, must be unambiguous and accurately known.

- Determining the positional relationship between the 3D sensor of the device and the 3D sensor on the outside of the jaw; this is achieved by determining the spatial position of the two sensors at the same or nearly the same time.

- Removing the position-determining device; this provides free access to the oral cavity.

*This Page Blank (uspto)*

- Producing a superimposition of an optical image of the jaw with the data record in a correct positional arrangement. Because of the sensor on the outside of the jaw, the current position of the jaw is always known. By performing a series of transformations of coordinates, the data record can be positioned such that the structures of the data record always agree with the corresponding structures of the optical image, even when a spatial movement of the jaw occurs. If both jaws are fitted with sensors, it is possible to toggle between the positional display of the lower and upper jaws. However, it is also possible for the data record to be divided into a lower-jaw and an upper-jaw part, making it possible to display both the lower and the upper jaw positionally superimposed with the corresponding data record.

What is important about the present invention is its major simplification of the stage of initial adjustment of the arrangement between the data record and the optical display. Once this arrangement has been produced, the procedure can run as described in EPA 488 987. Since the position of the marking points in the position-determining device is known, it is not necessary to scan these points with a 3D stylus or to take other measures to adjust the system.

In a second aspect of the present invention, the display is not carried out with the jaw in question; instead, a model of the jaw is produced by means of the known method. The position-determining device then fits into an unambiguously determined position in this model. In this fashion, the model can be displayed with a positionally superimposed data record. This makes it possible to plan operations or to simulate diverse variants of an intervention in a very convenient fashion.

It is possible to combine these first two aspects with a highly graphic display of the relationship between the real jaw and the model. Furthermore, the optical display can also be saved by taking still or video pictures.

The display itself can be dealt with as described in EP-A 488 967. For this purpose, a video camera fitted with a position sensor is used to produce an optical display of the object, i.e. the jaw or model, and this is then shown on an appropriate monitor. Since both the spatial position of the camera and the spatial position of the object are known, it is possible to calculate a representation of the data record which corresponds to the same angle of view and the same scale. This leads to a coincidence of the corresponding structures of the optical display and from the picture of the imaging procedure, making it possible for them to be displayed simultaneously or alternately in a correct positional arrangement.

However, in an advantageous embodiment of the invention, it is possible for superimposition of the optical image with the data record to be generated by interposing a display of the data record between the eye of the observer and the jaw to be displayed, or alternatively the model of the jaw. Such a display can be generated as a transparent LCD display. In this case, the user observes the real situation through the display, on which the data record is displayed at the same time. This means that superimposition occurs in the eye of the user. Generally, both the user and the display can move freely, although marginal conditions must be observed so that the user can observe the object through the display. In this case, both the user and the display are fitted with a 3D sensor so that the relevant perspective can be calculated. Such a procedure is shown for general objects in the applicant's Austrian patent AT 398 163. This variant has the advantage of not requiring the user to wear any device on the head, other than the very small, lightweight sensor. Additionally, it is possible to allow additional persons to access the display in a simple fashion.

However, it is further possible, in the framework of the invention, for the display to be projected as eye glasses or otherwise securely connected to the user's head. The use of

*This Page Blank (uspto)*



semi-transparent mirrors or other processes to reflect an image into the observer's eye is another basic option.

In a particularly favorable variant of the process according to the invention, the user would add three-dimensional structures to the image data record, and this would be displayed in a correct positional arrangement relative to the optical image. In this way, it is possible not only to enhance structures which are unclear in the image, but also to produce a simulation in a very simple fashion. This is advantageous, for example, if a modification is to be carried out as part of an orthopedic operation on the jaw. This would make it possible to draw in the desired or planned final state. Situations can also be displayed which will result after removing or adding segments of bone. The model-based display allows for very accurate indications as to the feasibility and related problems of such an intervention.

Furthermore, not only can the optical display be provided "live": it can also be preserved by means of still or video pictures. If the position-determining device also shows optically visible marking points, the procedure according to the invention can be slightly modified. The preparatory steps correspond to those of the procedure described above. For simplicity's sake, the following description will assume still photos are taken. The explanation is applicable to video images with appropriate modifications. Depending on whether the photos are to be taken of the jaw itself or a model, such a model may or may not be produced. The important thing is that at least one, but preferably two or more pictures are produced from the same perspective, each time one picture when the position-determining device is in place and another when the position-determining device is not inserted. Since the marking points of the device are also visible on the photos, these can be superimposed on a monitor with the X-ray picture or similar. This enables determination of the corresponding transformation of coordinates. Since the photos without the device have been produced from the same perspective, the data record resulting from the imaging procedure can be superimposed, in the correct position, onto these photos as well. This is vital because only on this image are the relevant structures visible without obstruction by the device. If some movement of the jaw has taken place between the taking of the photos, as is unavoidable in many cases, this does not impair the procedure, since the positional sensor applied on the outside records this movement, thus enabling a suitable correction. Apart from displaying the photos, this variant of the procedure naturally also enables "live" display, as described above. The procedure is simplified, since a dedicated 3D sensor is required for the position-determining device.

Moreover the present invention involves a position-determining device, which can be used for one of the above processes, whereby the device can be inserted in a person's oral cavity and is designed so that the person's upper and lower jaws can be maintained in a position which can be unambiguously reproduced. This device is characterized by the fact that it has marking points which can be identified by means of an imaging procedure, and that it furthermore has a position sensor which enables accurate determination of the spatial position of the device. As already described above, the position sensor can be removable as long as it is guaranteed that, with a built-in sensor, the spatial arrangement between sensor and the marking points is unambiguous and reproducible.

In a preferred embodiment, the device consists of a fixed basic unit, which shows the marking points and the position sensor, and this basic unit has retaining devices consisting of a flexible material which can be hardened to fit the shape of teeth or the jaw. The device is first adapted to the jaw in the form of an impression, and after hardening can be placed reproducibly in the same position.

*This Page Blank (uspto)*

In a variant of the device, it has marking points which can be identified both with an imaging procedure and are also visible optically.

The following material explains the invention by means of the embodiments shown in the diagrams. The figures provide the following schematic views:

Fig. 1 shows a person with a position-determining device inserted in the oral cavity; Fig. 2 shows a first system for implementing the procedure according to the invention; Fig. 3 shows a second system for implementing the procedure according to the invention, while Fig. 4 shows a variant of the embodiment of marking points.

Fig. 1 indicates the head of an individual with lower jaw 1 and upper jaw 2. Between these two is a position-determining device, which is designed as a so-called splint, which can be inserted in an unambiguously reproducible position. This device has a number of marking points 4, which can be seen clearly, e.g. on an X-ray display. A 3D sensor 5 is securely connected to the device 3. An additional 3D sensor 6 is screwed onto the outside of the lower jaw 1.

The system in Fig. 2 consists of a camera 10, to which a 3D sensor is securely attached. The camera is connected via a computer 12 with a monitor 13, on which the lower jaw 1 can be displayed. A picture from the imaging procedure is also stored in computer 12. Furthermore, the computer is connected to a magnetic field emitter 14, in a fixed installation. As a result it is possible to record the specific spatial position, including the relative position of sensors 6 and 11. The computer calculates a display of the data record from the imaging procedure in real time, and displays this on the screen.

In the embodiment shown in Fig. 3, the computer 12 is connected to a transparent LCD display 23 which has a 3D sensor 22. The observer 20 also wears a 3D sensor 21. In addition to sensor 6, which as in the previous embodiment is connected to the lower jaw 1, here too, the design also includes a sensor 26, which is worn on the forehead and hence is securely fixed to the upper jaw 2. The computer calculates a display of the imaging procedure, which combines the relevant position of jaw 1, 2, display 23 and observer 20. Similarly, it is possible to observe a model 30 of the jaw, which is fitted with sensors 31, 32.

Fig. 4 is a schematic representation of an alternative to the design of the marking points which are on or in the position-determining device. Structures are arranged in three planes 40, 41, 42 which are at right angles to each other. These structures generate a contrast on the X-ray picture. When the device 3 is inserted in the jaw 1, 2, two of these planes 40, 42 are then basically parallel to the plane of symmetry of the head. Each structure consists of a rectangle with a diagonal. 50 designates an imaginary plane of embedding of a CT image which is at right angles to planes 40 and 42. In the corresponding display of this CT plane 50, the upper side 60 of the rectangle appears as point 60a, the lower side 61 as point 61a, and the diagonal 62 as point 62a lying between these points 60a and 61a. The precise position of plane 50 can be determined from the ratio of the distances m and n of point 62a to points 60a and 61a. In this way it is possible to correct the CT information for table advance, as is necessary if the patient has moved during the scanning process.

Planes 40, 41, 42 with the structures described above can be integrated in the position-determining device, and also connected with it by a rigid link such that they are outside the jaws 1, 2.

*This Page Blank (uspto)*

## Patent claims

1. Procedure for displaying the jaw of a person, consisting of the following preparatory steps:

- Introducing into the person's oral cavity a position-determining device (3) which has marking points (4);
- Taking at least one image of the person's jaw (1, 2) with an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marking points (4) are also photographed, and storing the image as a data record;
- Identifying the marking points (4);

the following steps being performed for display purposes:

- Applying a 3D sensor (6, 26) on the outside of the jaw in question (1, 2)
- Re-introducing the position-determining device (3), if meanwhile removed, into the oral cavity in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted this time with a 3D sensor (5)
- Determining the positional relationship between the 3D sensor (5) of the device (3) and the 3D sensor (6, 26) on the outside of the jaw (1, 2)
- Removing the position-determining device (3)
- Generating a superimposition of an optical image of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement.

2. Procedure for display of a model of a person's jaw, consisting of the following steps:

- Introducing into the person's oral cavity a position-determining device (3) which has marking points (4);
- Taking at least one image of the person's jaw (1, 2) with an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marking points (4) are also photographed, and storing the image as a data record;
- Identifying the marking points (4);
- Producing an impression of the jaw (1, 2) and generating a model (30) of the jaw (1, 2);

the following steps being performed for display purposes:

- Placing an additional 3D sensor (31, 32) on the outside of the model of the jaw (1, 2)
- Introducing the position-determining device (3) into the model (30) of the jaw (1, 2) in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted with a 3D sensor (5)
- Determining the positional relationship between the 3D sensor (5) of the device (3) and the 3D sensor (30, 31) on the outside of the model (30) of the jaw (1, 2)

*This Page Blank (uspto)*

- Removing the position-determining device (3)
- Generating a superimposition of an optical image of the model (30) with the data record in a correct positional arrangement.

3. Procedure for display of a model of a person's jaw and a model thereof, consisting of the following preparatory steps:

- Introducing into the person's oral cavity a position-determining device (3) which has marking points (4);
- Taking at least one image of the person's jaw (1, 2) with an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marking points (4) are also photographed, and storing the image as a data record;
- Identifying the marking points (4);
- Producing an impression of the jaw (1, 2) and generating a model (30) of the jaw (1, 2);

the following steps being performed for display purposes:

- Placing an additional 3D sensor (6, 26) on the outside of the model of the jaw in question (1, 2);
- Re-introducing the position-determining device (3), if removed in the meanwhile, into the oral cavity in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted this time with a 3D sensor (5);
- Determining the positional relationship between the 3D sensor (5) of the device (3) and the 3D sensor (6, 26) on the outside of the jaw (1, 2);
- Removing the position-determining device (3);
- Placing an additional 3D sensor (6, 20) on the outside of the model of the jaw (1, 2);
- Introducing the position-determining device (3) into the model (30) of the jaw (1, 2) in the same position as when taking the image, the device (3) being fitted with a 3D sensor (5);
- Determining the positional relationship between the 3D sensor (5) of the device (3) and the 3D sensor (30, 31) on the outside of the model (30) of the jaw (1, 2);
- Removing the position-determining device (3);
- Generating a superimposition of an optical image of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement, or alternatively generating an imposition of an optical image of the model (30) of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement.

4. Procedure according to any of Claims 1 through 3, wherein the generation of the superimposition of an optical image with the data record is performed on a monitor (13),

This Page Blank (uspto)



wherein the optical image is taken by a video camera (1), which is securely connected with a 3D sensor (11) to determine the spatial position.

5. Procedure according to any of Claims 1 through 3, wherein the generation of a superimposition of the optical image with the data record takes place through the interposition of a display of the data record between the eye of the observer (20) and the jaw to be displayed (1, 2) or the model of the jaw (1, 2).

6. Procedure according to Claim 5, wherein the display takes the form of a transparent LCD display (23).

7. Procedure according to Claim 5 or 6, wherein the display takes the form of eye glasses, a screen arranged between observer and jaw (1, 2) or model, preferentially with a 3D sensor, or the display is performed by reflecting the data record into the eye of the observer (20).

8. Procedure according to any of Claims 1 through 7, wherein the user inserts three-dimensional structures in the image data record and these are displayed in a correct positional arrangement to the optical image.

9. Procedure for the display of a person's jaw and/or a model thereof, consisting of the following preparatory steps:

- Introducing into the person's oral cavity a position-determining device (3) which has optically visible marking points (4);
- Taking at least one image of the person's jaw (1, 2) with an imaging procedure, such as X-ray, tomography, NMR or similar, whereby the marking points (4) are also photographed, and storing the image as a data record;
- As appropriate, producing an impression of the jaw (1, 2) and generating a model (30) of the jaw (1, 2);

the following steps being performed for display purposes:

- Placing an additional 3D sensor (6, 26) on the outside of the model of the jaw in question (1, 2) or the model (30) of the jaw;
- Re-introducing the position-determining device (3), if removed in the meanwhile, into the oral cavity or the model (30) in the same position as when taking the image in the imaging procedure;
- Taking at least one photographic or video picture of the jaw (1, 2) or the model (30);
- Removing the position-determining device (3);

*This Page Blank (uspto)*

- Taking at least one more photographic or video picture of the jaw (1, 2) or the model (30) from the same position;
- Storing the photographic or video pictures as a data record;
- Producing a correspondence between the marking points on the picture of the imaging procedure and the optical display;
- Generating a superimposition of an optical image of the jaw (1, 2) with the data record in a correct positional arrangement, or alternatively generating a superimposition of an optical image of the jaw (1,2) or the model (30) with the data record in a correct positional arrangement.

10. Position-determining device which can be used for a procedure according to any of Claims 1 through 8, wherein the device (3) can be inserted in a person's oral cavity and is designed so that it can be maintained in an unambiguously reproducible position by the person's upper jaw (2) and lower jaw (1), wherein the device (3) has marking points (4) which can be identified with an imaging procedure, and that it furthermore has a position sensor (5), which makes possible precise determination of the spatial position of the device (3).

11. Device according to Claim 10, characterized by its consisting of a fixed basic unit which has the marking points (4) and the position sensor, this basic unit having retainers consisting of a flexible material, capable of hardening, which fits the shape of teeth or the jaw (1, 2).

12. Position-determining device which can be used for a procedure according to Claim 9, wherein the device (3) can be inserted in a person's oral cavity and is designed so that it can be held between the person's upper jaw (2) and lower jaw (1) in an unambiguously reproducible position, characterized by the fact that the device (3) has marking points (4) which can be identified with an imaging procedure and are also optically visible.

**This Page Blank (uspto)**